

## A Cu, B, Mn, és Zn hatása a kloroplaszt festékanyagainak tartalmára a búza fejlődésének egyes fázisaiban

KASZTORI RUDOLF és TYUPINA TOMISZLAV

*Novi Sad-i Egyetem Mezőgazdasági Karának Talajtani és Növény táplálástani Tanszéke, és Mezőgazdasági Kutató Intézet Növényélettani Osztálya, Novi Sad, (Jugoszlávia)*

Az utolsó évtizedek kutatásainak eredményei a növények ásványi táplálkozása terén világosan rámutattak az egyes mikroelemek nagy jelentőségére és nélkülözhetetlenségére a növények normális fejlődéséhez és növekedéséhez, valamint az egyes növényélettani folyamatokra gyakorolt serkentő hatásukra. Ellentétesen a makroelemekkel, amelyeket elsősorban mint szükséges szerkezeti elemeket említünk, a mikroelemeknek, a bört kivéve, elsősorban katalitikus szerepük van, mivel a biokatalizátorok alkatrészei, illetve mint azok prosztetikuss csoportjai szerepelnek. A mikroelemek e sajátosságos hatása miatt napjainkban széleskörű kutatómunka indult meg az egyes mikroelemeknek a növények növekedésére és fejlődésére, anatómiai és morfológiai fölépítésére, vegyi összetételére, légzésére, fotoszintézisére és ezzel kapcsolatosan a kloroplaszt festékanyagainak mennyiségére gyakorolt hatásának tanulmányozása céljából.

A réz hatását a klorofill tartalomra már a múlt század vége felé észlelték a szőlő bordói lével történő permetezésekor. Attól az időtől a mai napig az egyes mikroelemek hatását a kloroplaszt festékanyagainak tartalmára különböző szemszögből számos kutató vizsgálta. OKUNCOV [6, 7] a réz hatását tanulmányozta a klorofill tartalomra és megállapította, hogy a réznek nincs nagyobb hatása a klorofill szintézisének gyorsaságára, hanem hatása elsősorban a klorofill bomlásának gátlásában nyilvánul meg. ORTH, WICKWIRE és BURGE [8] megállapították, hogy a rézhiányban szenvedő citrusok leveleinek klorofill tartalma 4,6-szor kisebb mint a rézet nem nélkülöző növényeké. A klorofill mennyiségének csökkenése rézhiány esetén BROWN és

HARMER [1] kutatásai alapján a búzánál is észlelhető. ROBERT és LUCAS [10] szerint a rézzel történő trágyázásnak, szerves anyagban gazdag talajon, kedvező hatása van a búza, árpa, paraj és sárgarépa karotin tartalmára.

A cink hatását a kloroplaszt festékanyagainak tartalmára eddig lényegesen kevesebbet tanulmányozták, mint a réz hatását. KALISEVICS és POROHNEVICS [4] megállapítása szerint a cink jelenléte a tápoldatban növeli a kloroplasztok nagyságát és a klorofill tartalmát a kender leveleiben. BUKATSCH [2] egyidejűleg tanulmányozta a mangán és bór hatását a fotoszintézisre és a klorofill tartalomra. Arra a megállapításra jutott, hogy a fotoszintézis növekedése a mangán és bórkezelés hatására a klorofill mennyiségének növekedésével magyarázható. LESINA [5] a réz, bór, mangán és kobalt hatását tanulmányozta az uborka és paradicsom kloroplaszt festékanyagainak tartalmára. Megállapítása szerint a klorofill és karotinoidok tartalmára a réz és mind a négy mikroelem együttes alkalmazása gyakorolta a legnagyobb hatást, míg a többi mikroelem külön alkalmazása kisebb hatást fejtett ki. KALISEVICS és KOLESKO [3] kutatásainak eredményei szintén rámutattak a réz, mangán, bór és molibdén kedvező hatására a kloroplaszt nagyságára és klorofill tartalmára, azonban e hatás a kezelés módjától és a növényfajától függően eltérő volt.

A felsorolt irodalmi adatok világosan rámutattak, hogy a mikroelemek pozitív hatásúak a kloroplaszt festékanyagainak tartalmára. A mikroelemek jelentőségét a kloroplasztok kialakulásában SKOL'NIK [11] a mikroelemeknek a nukleinsavak és fehér-

## 1. táblázat

A Cu, B, Mn és Zn koncentrációja a tápoldatban az egyes kezelésekben

| (1)<br>Kezelés  | Cu mg/l | Kezelés        | B mg/l | (1)<br>Kezelés  | Mn mg/l | (1)<br>Kezelés  | Zn mg/l |
|-----------------|---------|----------------|--------|-----------------|---------|-----------------|---------|
| Cu              | —       | B              | —      | Mn              | —       | Zn              | —       |
| Cu <sub>1</sub> | 0,01    | B <sub>1</sub> | 0,05   | Mn <sub>1</sub> | 0,20    | Zn <sub>1</sub> | 0,05    |
| Cu <sub>2</sub> | 0,10    | B <sub>2</sub> | 0,25   | Mn <sub>2</sub> | 1,00    | Zn <sub>2</sub> | 0,50    |
| Cu <sub>3</sub> | 1,00    | B <sub>3</sub> | 0,50   | Mn <sub>3</sub> | 5,00    | Zn <sub>3</sub> | 5,00    |

## 2. táblázat

A Cu, B, Mn és Zn hatása a kloroplaszt festékanyagainak tartalmára a bokrosodás fázisában

| (1)<br>Kezelés  | (2)<br>mg/g friss súlyban |               |                   |                   | (3)<br>Klorofil a<br>Klorofil b | (4)<br>Klorofil a + b<br>Karotinoidek |
|-----------------|---------------------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
|                 | klorofil<br>a             | klorofil<br>b | klorofil<br>a + b | karoti-<br>noidok |                                 |                                       |
| Cu              | 0,635                     | 0,204         | 0,839             | 0,080             | 3,11                            | 10,48                                 |
| Cu <sub>1</sub> | 1,039                     | 0,316         | 1,355             | 0,085             | 3,28                            | 15,94                                 |
| Cu <sub>2</sub> | 1,047                     | 0,346         | 1,393             | 0,185             | 3,02                            | 7,53                                  |
| Cu <sub>3</sub> | 0,868                     | 0,312         | 1,180             | 0,108             | 2,78                            | 10,92                                 |
| B               | 0,548                     | 0,197         | 0,745             | 0,108             | 2,78                            | 6,89                                  |
| B <sub>1</sub>  | 1,092                     | 0,386         | 1,478             | 0,111             | 2,83                            | 13,31                                 |
| B <sub>2</sub>  | 0,886                     | 0,332         | 1,218             | 0,206             | 2,66                            | 5,91                                  |
| B <sub>3</sub>  | 0,839                     | 0,318         | 1,157             | 0,181             | 2,63                            | 6,39                                  |
| Mn              | 0,543                     | 0,219         | 0,762             | 0,108             | 2,48                            | 7,05                                  |
| Mn <sub>1</sub> | 0,696                     | 0,243         | 0,939             | 0,128             | 2,86                            | 7,33                                  |
| Mn <sub>2</sub> | 0,845                     | 0,319         | 1,164             | 0,157             | 2,65                            | 7,41                                  |
| Mn <sub>3</sub> | 0,834                     | 0,309         | 1,143             | 0,135             | 2,70                            | 8,46                                  |
| Zn              | 0,493                     | 0,179         | 0,672             | 0,115             | 2,75                            | 5,84                                  |
| Zn <sub>1</sub> | 0,783                     | 0,286         | 1,069             | 0,133             | 2,73                            | 8,04                                  |
| Zn <sub>2</sub> | 0,828                     | 0,322         | 1,150             | 0,160             | 2,57                            | 7,18                                  |
| Zn <sub>3</sub> | 0,791                     | 0,253         | 1,044             | 0,150             | 3,12                            | 6,96                                  |

jék bioszintézisére gyakorolt közvetlen hatásával magyarázza. Továbbá, mivel a mikroelemek a kloroplasztokban levő enzimek alkotórészei, a mikroelemek hatását a kloroplaszt festékanyagainak képzésére SKOL'NIK véleménye szerint elsősorban ebben a tényben kell keresni.

Az eddig közölt kutatási eredmények rendszerint a kísérleti növény fejlődésének csupán egy fázisára vonatkoznak, kísérleteinkben e kérdés dinamikáját vizsgáltuk. Ezért tanulmányoztuk a réz, bór, mangán és cink hiányának és különböző mennyiségüknek hatását a kloroplaszt festékanyag-tartalmára és egymásközi arányára a búza fejlődésének egyes fázisaiban.

## Anyag és módszerek

Kísérleteinket a Novi Sad-i Mezőgazdasági Kutató Intézet Növényélettani osztályának üvegházában végeztük 1964. és 1965. évben. A kísérleteket vízkultúrában hajtottuk végre „Mara” elnevezésű olasz búzafajtával. Tápoldatként a Knopp-féle teljes tápoldatot használtuk, melyhez kiegészítőként mikroelemeket adagoltunk a következő mennyiségekben: 0,5 mg B ( $H_3BO_3$ ), 0,20 mg Mn ( $MnSO_4$ ), 0,01 mg Cu ( $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ ), 0,05 mg Zn ( $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ ) és 0,02 Mo ( $NaMoO_4 \cdot 2 H_2O$ ) egy liter tápoldatra. A felsorolt mikroelemeket minden kezelés tápolda-

## 3. táblázat

A Cu, B, Mn és Zn hatása a kloroplaszt festékanyagainak tartalmára a kalászás fázisában

| (1)<br>Kezelés  | (2)<br>mg/g friss súlyban |                |                    |                   | (3)<br>$\frac{\text{Klorofill a}}{\text{Klorofill b}}$ | (4)<br>$\frac{\text{Klorofill a + b}}{\text{Karotinoidok}}$ |
|-----------------|---------------------------|----------------|--------------------|-------------------|--|---|
|                 | klorofill<br>a            | klorofill<br>b | klorofill<br>a + b | karoti-<br>noidok |  |   |
| Cu              | 0,476                     | 0,314          | 0,790              | 0,244             | 1,51   | 3,23  |
| Cu <sub>1</sub> | 0,981                     | 0,726          | 1,707              | 0,362             | 1,35   | 4,71  |
| Cu <sub>2</sub> | 0,964                     | 0,690          | 1,654              | 0,401             | 1,39   | 4,12  |
| Cu <sub>3</sub> | 0,629                     | 0,516          | 1,145              | 0,278             | 1,21   | 4,12  |
| B               | 0,378                     | 0,264          | 0,642              | 0,169             | 1,43   | 3,79  |
| B <sub>1</sub>  | 1,043                     | 0,752          | 1,795              | 0,272             | 1,38   | 7,59  |
| B <sub>2</sub>  | 0,987                     | 0,712          | 1,699              | 0,250             | 1,38   | 6,79  |
| B <sub>3</sub>  | 0,952                     | 0,707          | 1,659              | 0,244             | 1,34   | 6,80  |
| Mn              | 0,498                     | 0,410          | 0,908              | 0,187             | 1,21   | 4,85  |
| Mn <sub>1</sub> | 0,769                     | 0,643          | 1,412              | 0,288             | 1,19   | 4,90  |
| Mn <sub>2</sub> | 0,805                     | 0,648          | 1,453              | 0,284             | 1,24   | 5,11  |
| Mn <sub>3</sub> | 0,736                     | 0,588          | 1,324              | 0,255             | 1,25   | 5,19  |
| Zn              | 0,466                     | 0,362          | 0,828              | 0,200             | 1,28   | 4,14  |
| Zn <sub>1</sub> | 1,043                     | 0,827          | 1,870              | 0,425             | 1,26   | 4,40  |
| Zn <sub>2</sub> | 0,921                     | 0,717          | 1,638              | 0,350             | 1,28   | 5,68  |
| Zn <sub>3</sub> | 0,630                     | 0,516          | 1,146              | 0,250             | 1,22   | 4,58  |

## 4. táblázat

A Cu, B, Mn és Zn hatása a kloroplaszt festékanyagainak tartalmára a tejésérésben

| (1)<br>Kezelés  | (2)<br>mg/g friss súlyban |                |                    |                   | (3)<br>$\frac{\text{Klorofill a}}{\text{Klorofill b}}$ | (4)<br>$\frac{\text{Klorofill a + b}}{\text{Karotinoidok}}$ |
|-----------------|---------------------------|----------------|--------------------|-------------------|--|---|
|                 | klorofill<br>a            | klorofill<br>b | klorofill<br>a + b | karoti-<br>noidok |  |   |
| Cu              | 0,266                     | 0,152          | 0,418              | 0,129             | 1,75   | 3,24  |
| Cu <sub>1</sub> | 0,516                     | 0,310          | 0,826              | 0,164             | 1,66   | 5,03  |
| Cu <sub>2</sub> | 0,545                     | 0,309          | 0,854              | 0,171             | 1,76   | 4,99  |
| Cu <sub>3</sub> | 0,517                     | 0,273          | 0,790              | 0,136             | 1,89   | 5,81  |
| B               | 0,278                     | 0,148          | 0,426              | 0,046             | 1,87   | 9,26  |
| B <sub>1</sub>  | 0,615                     | 0,304          | 0,919              | 0,219             | 2,02   | 4,19  |
| B <sub>2</sub>  | 0,594                     | 0,302          | 0,896              | 0,219             | 1,96   | 4,09  |
| B <sub>3</sub>  | 0,408                     | 0,215          | 0,623              | 0,180             | 1,89   | 3,46  |
| Mn              | 0,245                     | 0,141          | 0,386              | 0,106             | 1,73   | 3,64  |
| Mn <sub>1</sub> | 0,598                     | 0,302          | 0,900              | 0,240             | 1,98   | 3,75  |
| Mn <sub>2</sub> | 0,585                     | 0,306          | 0,891              | 0,189             | 1,91   | 4,71  |
| Mn <sub>3</sub> | 0,524                     | 0,272          | 0,796              | 0,178             | 1,92   | 4,47  |
| Zn              | 0,231                     | 0,156          | 0,387              | 0,086             | 1,48   | 4,50  |
| Zn <sub>1</sub> | 0,496                     | 0,286          | 0,782              | 0,171             | 1,73   | 4,57  |
| Zn <sub>2</sub> | 0,336                     | 0,192          | 0,528              | 0,133             | 1,75   | 3,97  |
| Zn <sub>3</sub> | 0,317                     | 0,179          | 0,496              | 0,133             | 1,77   | 3,73  |

tábla egyenlő mennyiségekben adagoltuk, kivéve azt a mikroelemet, amelynek hatását tanulmányoztuk. Kísérletünknek összesen 16 kezelése volt és minden kezelést

öt ismétlésben állítottunk be. A mikroelemek koncentrációját a tápoldatban az egyes kezeléseknél az 1. táblázat tartalmazza.

Az üvegedények használatának elkerülése céljából a növényeket 1,5 literes PVC edényekben tenyésztettük. Minden edényben egy növény volt. A tápoldatot kétszer desztillált vízzel készítettük.

A tenyészidő folyamán háromszor vettünk növényi mintákat elemzés céljaira. Először bokrosodáskor, majd kalászosodás kezdetén és végül tejesérésben. A klorofilla és b mennyiségét SMITH és BENITEZ (cit. PAECH és TRACEY [9]) a karotinoidok mennyiségét viszont WIECKOWSKI [12] módszerével határoztuk meg.

### A vizsgálatok eredménye

#### A Cu, B, Mn és Zn hatása a klorofill a és b tartalmára

Az 1., 2. és 3. táblázat eredményeiből látható, hogy minden kezelésnél a klorofill (a + b) tartalom a bokrosodástól a kalászosodásig növekedett, végül elérte a maximális értéket, és később a tejesérésben csökkent. Hasonlóan változott a tenyészidő folyamán a klorofill a és b tartalom külön-külön is. A maximális klorofill-tartalom időpontja ennek alapján hozzávetőlegesen a búza fejlődésének arra az időpontjára esik, amikor a szárazanyagképzés is a legintenzívebb.

A klorofill a és b aránya a tenyészidő folyamán szintén változott. A bokrosodás fázisában a klorofill a és b aránya 2,63-tól 3,28-ig terjed. A kalászosodás fázisában ez az arány csökkent és 1,19-től 1,51-ig terjedt, a tejesérésben viszont megint növekedett. A klorofill a és b arányának ilyen irányú változása a tenyészidő folyamán a klorofill a és b molekulák bomlásának és újraképződésének dinamikájával magyarázható.

A mikroelemek hatása a klorofill (a + b) tartalomra a búza fejlődésének egyes fázisaiban eltérő volt. A bokrosodás fázisában a klorofill (a + b) tartalmat a legnagyobb mértékben a bór és a réz, a kalászosodás fázisában a bór és a cink, a tejesérésben viszont a mangán és a bór kezelés növelte. A réz, bór, mangán és cink hiánya esetén mind a három fázisban erősen csökkent a klorofill a és b tartalom és egyes esetekben 50%-kal is alacsonyabb volt, mint az egyes mikroelemeket nem nélkülöző kezeléseknél. Ennek alapján megállapítható, hogy a réz, bór, mangán és cink közvetve vagy közvetlenül befolyásolják a klorofill a és b molekulák bioszintézisét és ezzel kapcsolatosan hatással vannak a kloroplaszt aktivitására és magára a foto-

szintézisre is. Mind a négy mikroelemnél azonban csak az első vagy a második koncentráció növelte a klorofill tartalmat, míg a mikroelem koncentráció további növelése negatív hatású volt. Ami a réz, bór, mangán és cink hatását illeti a klorofill a és b arányára, a kapott eredmények alapján nem lehetne semmilyen törvényszerűséget észlelni. Végül megállapítható, hogy a mikroelemek hatása a klorofill a és b tartalomra a legnagyobb a kalászosodás fázisában volt, amikor a klorofill tartalom is a legnagyobb volt, valamivel kisebb a bokrosodás fázisában és a legkisebb a tejesérésben.

#### A Cu, B, Mn, és Zn hatása a karotinoid tartalomra

Az 1., 2. és 3. táblázat adataiból látható, hogy a karotinoid tartalom a tenyészidő folyamán hasonlóan változott mint a klorofill tartalom, vagyis a bokrosodástól a kalászosodásig növekedett és aztán csökkent. Ez a korreláció a kloroplaszt sárga és zöld festékanyagainak tartalma között a fotoszintézis folyamatában főnálló kölcsönhatásukkal magyarázható. A karotinoidok tartalmának csökkenését a növények leveleiben a megtermékenyülés utáni időszakban, egyes kutatók a karotinoidoknak a termésben történő fokozott főlhalmozódásával magyarázzák.

Az egyes mikroelemek hatása a karotinoid tartalomra a tenyészidő folyamán különböző volt. A bokrosodás fázisában a karotinoid tartalmat a legnagyobb mértékben a bór és réz, a kalászosodás fázisában a réz és cink, a tejesérésben viszont a bór és mangán kezelés növelte. Az egyes mikroelemek hiánya a karotinoid tartalmat is, hasonlóan a klorofill tartalomhoz, erősen csökkentette az egész tenyészidő folyamán. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a réznek, bórnak, mangánnak és cinknek bizonyos hatása van a karotinoidok bioszintézisére, amit ROBERT és LUCAS [10] munkáinak eredményei is bizonyítanak. A karotinoid tartalmat a legnagyobb mértékben a mikroelemek első és második koncentrációja növelte, míg a harmadik, legmagasabb koncentráció már minden esetben negatív hatást fejtett ki. A klorofill (a, b) és a karotinoid tartalom aránya a tenyészidő folyamán csökkent vagyis a legnagyobb volt a bokrosodás fázisában, jóval kisebb a kalászosodás fázisában és a legkisebb a tejesérésben. A mikroelemek hatása a klorofill (a + b) és karotinoidok arányára nem észlelhető, mivel ez az

arány a kezeléstől eltekintve igen tág határok között ingadozik. Általánosságban mondható, hogy a réz, bór, mangán és cink hatása a karotinoid tartalomra a bokrosodás, kalászosodás és tejesérés fázisokban hozzávetőlegesen egyforma volt.

### Összefoglalás

A Cu, B, Mn és Zn hatását tanulmányoztuk vízkultúrában a kloroplaszt festékanyag tartalmára a búza fejlődésének egyes fázisaiban. A kapott eredmények alapján a következőket állapítottuk meg:

1. A klorofill a és b tartalom a bokrosodástól a kalászosodásig növekedett, amikor elérte a maximális értéket és később a tejesérésben csökkent.

2. A klorofill a és b aránya, valamint a klorofill (a + b) és a karotinoidok aránya a tenyészidő folyamán változott, ami a klorofill a és b, valamint a karotinoidok újraképződésének és bomlásának dinamikájával magyarázható. Az egyes kezelések hatása a klorofill a és b, valamint a klorofill (a + b) és karotinoidok arányának alakulására nem észlelhető.

3. A Cu, B, Mn és Zn hatása a klorofill a és b tartalomra a legnagyobb a kalászosodás fázisában volt, míg a karotinoid tartalomra mind a három fázisban hozzávetőlegesen egyforma volt.

4. A klorofill és karotinoid tartalmat a legnagyobb mértékben a mikroelemek első és második koncentrációja növelte, vagyis a réz kezelés esetén 0,01—0,10 mg Cu/l, bór kezelés esetén 0,05—0,25 mg B/l, mangán kezelés esetén 0,20—1,00 mg Mn/l és a cink kezelés esetén 0,05—0,50 mg Zn/l. Az egyes mikroelemek koncentrációjának további növelése a tápoldatban, valamint azok hiánya minden esetben erősen csökkentette a klorofill és a karotinoid tartalmat.

### Irodalom

- [1] BROWN, J. & HARMER P.: The influence of copper compounds on the yield, growth pattern and composition of spring wheat and corn grown on

organic soil. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. **15**. 284—289. 1950.

- [2] BUKATSCH, F.: Über den Einfluss verschiedener mineralischer Ernährung auf den Blattpigmentgehalt und die Photosynthese junger Getreidepflanzen. Jahr. wiss. Bot. **90**. 293—299. 1942.
- [3] KALISEVICS S. V. & KOLESKO O. I.: K voproszu o vlijanii mikroelementov na hlorofillonoszn i apparat rasztenij. Voproszi fiziologii rasztenij i mikrobiologii. Minszk. 171—187. 1959.
- [4] KALISEVICS S. V. & POROHNEVICS N. V.: Vlijanie cinka na razmeru plasztida i ih pigmentaciju v lisztjah konopli. Botanika. Minszk. **6**. 18—22. 1964.
- [5] LESINA, A. V.: Vlijanie podkormok makro- i mikroelementami na urozsajnoszty, makoplenie pigmentov i vitaminov u ovoscsnih kulytur v uszlovjah zakritovo grunta. Voproszi fiziologii rastenij i mikrobiologii. Minszk. 103—122. 1959.
- [6] OKUNCOV M.: Vlijanie medi na szaderzsanie hlorofilla v rasztenijah. Dokl. AN. SSSR. **54**. 645—653. 1946.
- [7] OKUNCOV M.: Vlijanie medi na fotoszintez i dihanie rasztenij. Dokl. A.N. SSSR. **54**. 737—746. 1946.
- [8] ORTH O. S., WICKWIRE G. F. & BURGE W. E.: Copper in relation to chlorophyll and hemoglobin formation. Science. **79**. 33—38. 1934.
- [9] PAECH, K. & TRACEY M.: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. Springer Berlin. **4**. 158—160. 1955.
- [10] ROBERT E. & LUCAS R.: Effect of copper fertilization on carotene, ascorbic acid, protein and copper contents of plants grown on organic soils. Soil Sci. **65**. 461—466. 1948.
- [11] SKOL'NIK M. JA.: Znacsenie mikroelementov v zszni rasztenij i zemledelii Szovetszkogo Szozuza. Izd. A.N. SSSR. Moszkva. 1963.
- [12] WIECKOWSKI S.: Changes in the Content of Carotenoids in Growing Bean Leaves. Bull. Acad. Polon. Sci. **9**. 325—332. 1961.

Érkezett: 1965. július 10.

## Colouring Matter Content of Chloroplast as Affected by Cu, B, Mn and Zn in the Individual Phases of the Development of Wheat

R. KASZTORI and T. TYUPINA

University of Novi-Sad, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition and Research Institute of Agriculture, Department of Plant Physiology, Novi Sad (Yugoslavia)

### Summary

Action of Cu, B, Mn and Zn on the colouring matter content of chloroplast was studied in water culture in the individual phases of the development of wheat. Experiments were conducted in a glass-house. The complete Knop nutrient solution was used with trace elements added in identical quantities in the nutrient solution of every treatment except for the trace element the action of which was studied. Concentration of trace elements in the nutrient solution for each treatment is presented in Table 1. During the vegetation period plant samples were taken three times for analysis: in tillering, earing and milky ripening. On the basis of results obtained the following statements were made:

1. Chlorophyll a and b content increased from tillering to earing when it reached the maximum value and subsequently in milky ripening declined.

2. The chlorophyll a to b and chlorophyll (a+b) to carotenoids ratio greatly changed during the vegetation period which may be explained by the dynamics of reproduction and disintegration of chlorophyll a and b and of carotenoids. No effect of the individual treatments on the developments of chlorophyll a to b and chlorophyll (a+b) to carotenoids ratio can be observed.

3. Effect of Cu, B, Mn and Zn on chlorophyll a and b content was highest in the phase of earing while their action

on carotenoid content was approximately identical in all three phases.

4. Chlorophyll and carotenoid content was increased to the highest degree by the first and second concentration of trace elements, that is in the case of copper treatment 0.01 — 0.10 mg Cu/l, in the case of boron treatment 0.05 — 0.25 mg B/l, in the case of manganese treatment 0.20 — 1.00 mg Mn/l and in the case of zinc treatment 0.05 — 0.50 mg Zn/l. Further increase of the individual trace elements in the nutrient solution as well as their absence in every case substantially reduced the chlorophyll and carotenoid content.

*Table 1.* Concentration of Cu, B, Mn and Zn in the nutrient solution, in the individual treatments. (1) Treatment.

*Table 2.* Action of Cu, B, Mn and Zn on the colouring matter content of chloroplast in the phase of tillering. (1) Treatment. (2) mg/g in fresh weight. (3) Chlorophyll a) chlorophyll b. (4) Chlorophyll (a+b) carotenoids.

*Table 3.* The action of Cu, B, Mn and Zn on the colouring matter content of chloroplast in the phase of earing. (1) — (4) the same as in Table 2.

*Table 4.* The action of Cu, B, Mn and Zn on the colouring matter content of chloroplast in milky ripening. (1) — (4) the same as in Table 2.

## Die Wirkung von Cu, B, Mn und Zn auf den Farbstoffgehalt des Chloroplasts in den einzelnen Phasen der Entwicklung des Weizens

R. KASZTORI und T. TYUPINA

Universität von Novi Sad, Landwirtschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodenernährungslehre und Landwirtschaftliches Forschungsinstitut Abteilung für Pflanzenphysiologie, Novi Sad (Jugoslawien)

### Zusammenfassung

Die Wirkung von Cu, B, Mn und Zn auf den Farbstoffgehalt des Chloroplasts wurde in den einzelnen Entwicklungsphasen des Weizens in Wasserkulturen geprüft. Die Versuche wurden im Glashaus vorge-

nommen. Die vollständige Knopsche Nährlösung gelangte zur Anwendung unter Beigabe von Mikroelementen als Ergänzung in gleichen Mengen in der Nährlösung jeder Behandlung, mit der Ausnahme des



Микроэлементы, dessen Wirkung studiert wurde. Die Konzentrationen der Mikroelemente in der Nährlösung bei den einzelnen Behandlungen sind in Tab. 1. angeführt. Während der Vegetationsperiode wurden zwecks Analyse dreimal Pflanzenproben entnommen: bei der Bestockung, beim Ährenschieben und in der Milchreife. Auf Grund der erhaltenen Resultate wurden die folgenden Feststellungen gemacht:

1. Der Chlorophyll a und b Gehalt nahm von der Bestockung bis zum Ährenschieben zu, als er den Maximalwert erreichte und später in der Milchreife abnahm.

2. Das Verhältnis zwischen Chlorophyll a und b sowie zwischen Chlorophyll (a + b) und Karotinoiden erfuhr während der Vegetationsperiode eine starke Veränderung, was mit der Dynamik der Neubildung und Zersetzung von Chlorophyll a und b sowie von den Karotinoiden erklärt werden kann. Eine Einwirkung der einzelnen Behandlungen auf die Gestaltung des Verhältnisses zwischen Chlorophyll a und b sowie zwischen Chlorophyll (a + b) und Karotinoiden ist nicht zu beobachten.

3. Die Wirkung von Cu, B, Mn und Zn auf den Chlorophyll a und b Gehalt war am höchsten in der Phase der Bestockung, während sie auf den Karotinoidgehalt

in allen drei Phasen ungefähr die gleiche war.

4. Der Chlorophyll- und Karotinoidgehalt wurde im höchsten Grade durch die erste und zweite Konzentration der Mikroelemente erhöht, d. h. im Falle der Kupferbehandlung 0,01—0,10 mg Cu/l, im Falle der Borbehandlung 0,05—0,25 mg B/l, im Falle der Manganbehandlung 0,20—1,00 mg Mn/l und bei Zinkbehandlung 0,05—0,50 mg Zn/l. Eine weitere Erhöhung der Konzentration der einzelnen Mikroelemente in der Nährlösung sowie deren Fehlen hat den Chlorophyll- und Karotinoidgehalt in jedem Falle stark vermindert.

Tab. 1. Die Konzentration von Cu, B, Mn und Zn in der Nährlösung in den einzelnen Behandlungen. (1) Behandlung.

Tab. 2. Die Wirkung von Cu, B, Mn und Zn auf den Farbstoffgehalt des Chloroplasts in der Phase der Bestockung. (1) Behandlung. (2) mg/g Frischgewicht. (3) Chlorophyll a) Chlorophyll b). (4) Chlorophyll (a + b). Karotinoide.

Tab. 3. Die Wirkung von Cu, B, Mn und Zn auf den Farbstoffgehalt des Chloroplasts in der Phase des Ährenschiebens. (1) — (4) dasselbe wie in Tab. 2.

Tab. 4. Die Wirkung von Cu, B, Mn und Zn auf den Farbstoffgehalt des Chloroplasts in der Milchreife. (1) — (4) dasselbe wie in Tab. 2.

## Влияние микроэлементов Cu, B, Mn и Zn на содержание красящего вещества хлоропласта в некоторых фазах развития пшеницы

Р. КАСТОРИ и Т. ТЮПИНА

Кафедра почвоведения и питания растений сельскохозяйственного факультета новосадского университета и Научно-исследовательский сельскохозяйственных институт, отдел агрохимии, г. Новый-Сад (Югославия)

### Резюме

В водных культурах изучали влияние оказываемое Cu, B, Mn и Zn на содержание красящего вещества в хлоропласте пшеницы в некоторых фазах ее развития. Опыты проводились в вегетационном домике. В качестве питательной среды использовалась полная питательная смесь Кнопа, к которой в качестве дополнения прибавлялись микроэлементы, влияние которых хотели определить. Концентрации микроэлементов в питательных растворах для отдельных вариантов приводятся в таблице № 1. В течение вегетационного периода трижды брались образцы растений в сле-

дующих фазах развития: в фазе кущения, колосования, и молочной спелости. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Содержание хлорофилла «a» и «b» в период от кущения до молочной спелости возрастает и, достигнув максимального значения, а позднее в фазе молочной спелости снижается.

2. Соотношение хлорофилла «a» и «b» а также соотношение хлорофилла (a + b) и каротиноидов за вегетационный период сильно изменяется, что объясняется динамикой разложения и вторичного образо-

вания хлорофилла «а» и «b» и каратиноидов. Под влиянием отдельных вариантов не отмечалось различия в соотношении хлорофилла «а» и «b», а также хлорофилла (а + b) и каратиноидов.

3. Самое значительное влияние микроэлементов Cu, B, Mn и Zn на содержание хлорофилла «а» и «b» отмечалось в фазе выколашивания, содержание каратиноидов во всех трех фазах было одинаковым.

4. Содержание хлорофилла и каратиноидов увеличивалось в большой степени под влиянием первой и второй концентрации микроэлементов, то-есть, при концентрации меди в 0,01—0,10 мг/л, бора 0,05—0,25 мг/л, марганца 0,20—1,00 мг/л и цинка 0,05—0,50 мг/л. Дальнейшее увеличение концентрации отдельных микроэлементов в питательном растворе или их недостаточность в обоих случаях сильно

снижали содержание хлорофилла и каратиноидов.

*Табл. 1.* Концентрации Cu, B, Mn и Zn в питательных растворах в отдельных вариантах. (1) Варианты.

*Табл. 2.* Влияние микроэлементов Cu, B, Mn и Zn на содержание красящих веществ хлорофилла в фазе кущения. (1) Варианты, (2) мг/г свежего веса. (3) Хлорофилл а) хлорофилл b. (4) Хлорофилл а + b каратиноиды.

*Табл. 3.* Влияние микроэлементов Cu, B, Mn и Zn на содержание красящего вещества хлоропласта в фазе выколашивания. (1)—(4) см. таблицу 2.

*Табл. 4.* Влияние микроэлементов Cu, B, Mn и Zn на содержание красящего вещества хлоропласта в фазе молочной спелости. (1)—(4) см. в таблице 2.